引用格式：袁冉东. 科技人口、隐性技术知识与中国应用技术系统. 中国科学院院刊, 2023, 38(11): 1645-1654, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230813003.
Yuan R D. Scientific and technological population, tacit technological knowledge and applied technological system in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(11): 1645-1654, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230813003. (in Chinese)

科技人口、隐性技术知识与中国应用技术系统

袁冉东

香港中文大学（深圳） 前海国际事务研究院 深圳 518172

摘要 突破“中等技术陷阱”的条件之一是需要有一些企业或机构能够把基础研究转换成应用技术。应用技术的进步，以及应用技术系统所产生的发明创造和新的产品与服务，对提高生产力水平、改善人民生活品质和推动经济社会发展都具有不可替代的重要作用。与纯基础研究的情况不同，中国的应用技术在历史上曾经处于世界领先水平，直到18世纪欧洲发生工业革命才开始落后于西方。新中国成立以来，应用技术水平取得了巨大的进步。特别是改革开放以来的40余年里，中国的应用技术系统得到全方位的快速发展。但相对世界顶尖水平而言，中国应用技术系统还有很多有待提高的方面。文章认为，要进一步提升中国的应用技术水平，首先应该全面深刻地认识该系统的现状，然后找出其中需要解决的问题和补上的短板，并在此基础上提出改进方案与思路。改进应用技术系统本身是一个复杂的工程，受制于多种因素。文章从科技人口和隐性技术知识2个层面来检讨中国存在的短板并讨论如何改进。

关键词 中等技术陷阱，应用技术，高质量发展，创新驱动，“三位一体”新模式，科学人口，科技人口，隐性技术知识

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20230813003

CSTR 32128.14.CASbulletin.20230813003

突破“中等技术陷阱”的条件之一是需要有一些企业或机构能够把基础研究转换成应用技术[1]。应用技术的进步，以及应用技术系统所产生的发明创造和新的产品与服务，对提高生产力水平、改善人民生活品质和推动经济社会发展都具有不可替代的重要作用。与纯基础研究的情况不同，中国的应用技术在历

资助项目：中共深圳市委宣传部“中国特色社会主义政治经济学原理构建”课题
修改稿收到日期：2023年11月8日

史上曾经处于世界领先水平，直到18世纪欧洲发生工业革命才开始落后于西方。新中国成立以来，应用技术水平取得了巨大的进步。特别是改革开放以来的40余年里，中国的应用技术系统得到全方位的快速发展。但相对世界顶尖水平而言，中国的应用技术系统还有很多有待提高的方面。本文认为，要进一步提升中国的应用技术水平，首先应该全面深刻地认识应用技术系统的现状，然后找出其中需要解决的问题和补上的短板，并在此基础上提出改进方案与思路。改进应用技术系统本身是一个复杂的工程，受制于多种因素。本文从科技人口和隐性技术知识2个层面来检讨中国存在的短板并讨论如何改进。

1 中国应用技术系统现状分析

一个国家的应用技术系统的综合水平决定了这个国家是否已经跨越“中等技术陷阱”。自新中国成立，特别是改革开放以来，中国在应用技术方面取得了巨大的进步，在高铁、盾构机和5G通信等技术领域达到世界领先水平。迄今为止，中国在应用技术领域能取得如此大的成功，原因概括起来主要有3个方面：① 在新中国成立后不到30年的时间里，由国家主导的工业化努力为中国成为一个全产业链工业国打下了基础。国家推动的重大传染性疾病的防治工作和包括大规模的“扫盲”识字运动在内的政府大力发展教育的决策部署使得人均寿命和人民的基本文化素质得到巨大提升，极大提升了中国的人力资本水平；总人口在那一时期的快速恢复和增长也为后来“人口红利”的释放打下了基础。② 过去40多年里，国家实行改革开放，从而可以通过引进外国优质资本①，在以前所积累的人力资本和产业链基础上进一步学习、消化和吸收国外先进管理方式和生产技术。③ 党和政府在大项目上的决策、动员和协调能力，与中国巨大的人口带来的市场规模优势相结合，使得很多技术的应用在中国具有比很多其他国家更高的可行性和经济回报，包括5G通信在内的新一代信息通信技术和高铁就是其中十分典型的例子[2-4]。

在肯定成绩的同时，也需要正视短板和不足。总的来看，中国的科技发展目前在大多数领域还是处于技术应用式发展阶段，即通过发达国家的技术传播和扩散，加以应用；中国只在数量有限的一些领域里做到了世界领先水平。中国仍然缺乏原创性、突破性和颠覆性的技术创新。被一些人称之为“新四大发明”的高铁、网购、移动支付和共享单车，这些技术或商业模式都不是原创于中国，只是利用中国的人口规模和庞大的国内市场，在改良和推广这些应用上处于领先。在人类现有应用技术的许多领域，虽然中国取得了很多成就，但与世界领先水平仍然存在较大差距，在关键技术和核心技术的自主创新能力方面仍有所欠缺，很多技术仍然需要依赖进口。除了芯片和光刻机这些媒体报道得多的方面，中国在很多高技术含量的工业产品上对外依赖度非常高，还有很多基本上找不到国产替代品。硬件方面，各类燃油发动机、高精度机械设备和传感器、高端光学元件、实验仪器、医疗器械和检测仪器都有很高的对外依赖度。软件方面，从办公软件到工业制图软件，从数据库再到操作系统，都存在软肋，还不能摆脱对国外技术的依赖②。

如果用从0到10的刻度来衡量应用技术水平，“从0到1”代表的是从无到有的原创性技术创新，“8—10”代表的是现有技术的先进水平，那么中国的应用技术大致还处于“4—7”的水平。中国在短短70年里从一个落后的农业国发展为今天的制造业大国，这是一个伟大的成就，也为通过突破“中等技术陷阱”

① 所谓“外国优质资本”，指的是能够带来更新或更高水平的技术，或者能够带来更高效的生产经营管理方式的外国资本。
② “卡脖子”清单35项技术总览. (2023-01-01)[2023-11-03]. http://www.zhongzhengwang.cn/nd.jsp?id=690.

来进入高收入经济体创造了良好的基础。但目前，中国的应用技术系统就整体而言在世界上还只是处于中等偏上的水平，离突破“中等技术陷阱”还有一定的距离。

目前，中国应用技术系统的发展，在产生“从0到1”的原创性技术突破方面面临一定的障碍，在现有技术领域向“8—10”的世界先进水平迈进的过程中也遇到了不小的阻力。各种原因导致了上述情况。

1.1 薄弱的纯基础研究和稀缺的“科学人口”限制了中国“从0到1”的技术突破

缺乏“从0到1”的技术突破的根本原因在于中国的纯基础研究系统的实力还较为薄弱，教育系统培养出来的既有兴趣又有能力去做纯基础研究的“科学人口”还不够多。要成为“科学人口”，需要对自然和科学具有浓厚的兴趣，同时要具有良好的独立思考、想象力、逻辑思维等能力，而这些兴趣和能力都需要从小培养[5]。纵观世界各国，凡是能不断做出“从0到1”的技术突破的国家，都是纯基础研究方面的强国。无论是通过本国的教育系统的培养，还是通过对外国人才的吸引，这些国家能聚集足够多的“科学人口”，并能创造一系列条件让他们发挥所长[6]。纯基础研究系统的强大和大量的“科学人口”对应用技术系统的发展带来巨大的正面溢出效应。这些“科学人口”未必都从事纯基础研究工作，他们中的一些人将进入企业或自己创办企业。例如，比尔·盖茨和马斯克，从思维模式上看都是属于“科学人口”。不难发现，“科学人口”如果不从事纯基础研究而去创业的话，是很有可能做出“从0到1”的技术突破的。而不具备独立思考、想象力、逻辑思维等能力的“非科学人口”，他们去从事技术创新或创业活动并做出原创性技术突破的可能性则低得多。

此外，风投业对颠覆性创新具有难以替代的推动作用，而风投业自身的发展也离不开“科学人口”的加入。比较而言，守成大企业由于既得利益往往不倾向于做“从0到1”的颠覆性革新。例如，最近大火的ChatGPT就出自由风投支持的中小企业OpenAI，而不是谷歌这样的人工智能（AI）行业巨头。中小企业能做出原创性、颠覆性技术创新，风投业提供的金融支持功不可没。在风投业发达的美国，成功的风投基金背后都有一群具有专业知识、对行业有深刻理解并有创业经验的“科学人口”来参与其管理和运营[7]。如果一名风投基金的管理人员不具备“科学人口”所应具备的素养，不管这个基金的资本有多么的雄厚，都很难获得成功。

在中国，“科学人口”本来就稀缺，同时还存在人才流失问题，在吸引和留住高端人才方面还存在困难，剩下的“科学人口”里去从事创新创业和风投的更是凤毛麟角。因此，应用技术领域缺乏“从0到1”的突破也就不难理解了。

1.2 隐性技术知识积累不足限制了中国在现有技术领域迈向世界先进水平

中国在许多现有技术领域还没有达到“8—10”的世界先进水平的根本原因在于隐性技术知识积累不足，与纯基础研究水平相对落后没有直接的关系。所谓现有技术，指的是人类已经发现、发明并证明可行的技术，如2纳米制程芯片、深紫外光刻机和高端轴承等。别人做出来了的东西，不管精密度和技术含量再高，至少是已经被证明是可以做得到的，其背后的基础科学原理是人类共享的科学理论知识，因此在科学原理上也不存在秘密。之所以还是做不出来，或者说复制不出来，主要是因为隐性技术知识积累还不够。与作为国际公共品的基础科学理论知识不同，隐性技术知识通常都是以商业秘密或军事机密等形式存在，拥有者一般不会与外界共享，特别是那些具有重大经济或战略价值的隐性技术知识。对于一个经济体而言，它所掌握的隐性技术知识的总和，相当于是其应用技术系统的“内功”或“家底”，其厚度决定了

它的应用技术的综合水平。

很多精密产品，买来成品拆开了，也很难用反向工程来破解制造工艺中的所有秘密，高端芯片、光刻机、轴承都是如此。这些产品或核心零部件的生产，被世界上少数几个国家或地区控制，如果它们限制出口不卖给我们，我们就会被“卡脖子”。而“卡脖子”的本质就是要阻止中国在应用技术上迈向“8—10”的世界先进水平。习近平总书记明确指出：“实践反复告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。”这些关键核心技术中的“要不来、买不来、讨不来的”部分，主要就是蕴含在其中的隐性技术知识。这些隐性技术知识是发达国家高科技企业用来“看家”和“吃饭”的东西，当然不会拱手相让，只能靠自己努力来获得。

目前，还无法实现一些高技术含量产品的完全国产化，这其中最关键的原因是制造这些精密产品涉及大量工艺细节和参数，隐性技术知识就隐藏在这些高技术含量产品的制造过程的细节之中。除了专利之外，隐性技术知识还涉及许多非专利的商业秘密。许多有价值的制造工艺细节并未以专利形式存在，而是被企业视为绝不外传的商业机密，因为专利一旦注册就要公开细节，并且专利是有期限的；而商业秘密只需保守不泄露，就可以持续不断地为企业带来盈利[8,9]。例如，高端轴承所需的高品质钢材，其制造工艺包括往钢材中掺入稀土等元素以改进品质[10]，这不属于纯基础研究，而是应用技术系统的隐性技术知识。发达经济体的企业在这些领域积累了数十年甚至上百年的经验[11]，而中国在某些领域尚未完全掌握，这是正常现象。要取得突破，应该在应用技术研发领域发力，而不应将问题错误地归咎于相对薄弱的纯基础研究。被“卡脖子”的主要原因是技术尚未达到要求，具体体现为以促进隐性技术知识积累为目的的应用技术研发投入还不足。纯基础研究和被“卡脖子”并没有直接的关系，解决问题的关键在于通过持续而稳定的研发投入来促进隐性技术知识的积累，进而提升应用技术水平。

1.3 如何破解“卡脖子”问题

目前，引起中国社会各界广泛关注的核心关键技术领域“卡脖子”的问题，究其本质，是某些发达国家要阻止中国在应用技术上迈向“8—10”的世界先进水平。在这个问题上，要有清晰而正确的战略思维。中国的应用技术现在能够做到“4—7”的水平，从战略角度来看，就没有理由做不到“8—10”。因为哪怕是“10”，也是人类已经做出来的东西，可行性已经被验证，只要在正确的方向上努力，久久为功，假以时日是一定会成功的。

要解决被“卡脖子”的问题，需要先厘清一些认识上的误区。① “卡脖子”问题所涉及的是现有技术领域，而不涉及“从0到1”的原创性技术突破。“从0到1”的突破产生的是世界上原来没有的新技术，如果有能力做“从0到1”的突破，这是其他国家不可能限制去做的事情，因为产生的新技术本来就是别人没有的东西，别人本来都不知道这个新技术是什么，自然也没有人有能力去“卡”。② “卡脖子”问题与纯基础研究系统没有直接的关系。中国的纯基础研究系统的实力确实有待提高，但它不能稀里糊涂地为应用技术系统中的“卡脖子”问题来背锅，因为哪怕这些核心技术背后的科学原理不是中国人发现的，由于这些基础的科学理论是人类共享的国际公共品，我们也是知道的。被“卡”的“卡点”不在基础科学理论的层面。被“卡脖子”的根本原因在于中国的隐性技术知识积累不足，而这些隐性技术知识的总和构成了一个高科技企业或发达经济体的核心竞争力，因此是“要不来、买不来、讨不来的”。要根治“卡脖子”的问题，需要在这些核心技术领域的隐性技术知识的积累上下功夫。然而，目前中国还十分缺乏这种有针对性的旨在促进隐性技术知识积累的专门努力。为此，需要设计并执行一套有效的激励机制。

2 急需解决的“激励扭曲”问题

为进一步改进中国的应用技术系统，除了要坚持全面深化改革、扩大高水平对外开放，还要做好至少3个方面的工作：① 保持人口与市场规模优势；② 改善纯基础研究水平，提高“科学人口”规模；③ 通过促进隐性技术知识的积累来提升应用技术水平。改革开放是战略大前提，Zheng和Li[12]详细讨论了改革开放对于技术进步的重要性。人口因素影响的远不只是应用技术的发展，经济社会的许多方面都与人口的规模、结构和空间分布密切相关。由于中国的人口趋势问题超出本文的研究范围，本文不做过多的论述。但需要明确的是，有关部门应考虑采取包括全面升级“软基建”在内的一系列措施，尽快逆转生育率下降的趋势，从而减缓人口萎缩和老龄化的速度。这里从激励机制的角度，来讨论另外的2个方面，即如何提升“科学人口”和“技术人口”规模，以及如何促进隐性技术知识的积累。

笔者认为，无论是对于提高“科学人口”和“技术人口”的规模，还是就促进隐性技术知识的积累而言，都存在许多需要尽快解决的类似于“眼镜蛇效应”③[10]的激励扭曲问题④。

2.1 提升“科技人口”规模需要克服的激励扭曲问题

提高纯基础研究水平和扩大“科学人口”的规模，是增强中国产生“从0到1”的技术突破的能力的有效渠道。一个国家“科学人口”的规模对这个国家的纯基础研究水平起决定性的作用[5]。对于应用技术系统而言，“技术人口”的规模同样至关重要。“技术人口”是一个与“科学人口”类似的概念，指的是那些既有能力又有兴趣去从事应用技术方面工作的人群。“技术人口”所需要具备的能力中最为重要的是解决实际问题的能力。而解决实际问题的能力，实际上是工程学思维方式和动手能力这2种能力的叠加。如果一个人同时具有良好的工程思维能力和动手能力，那么这个人就是相当完美的技术类全才。在这2种能力中比较偏向于工程思维能力的人，可以成为很好的工程师；比较偏向于动手能力的人，可以成为优秀的技师。这2种人都属于“技术人口”。但需要注意的是，这2种能力不能偏废——毫无动手能力的人不可能成为称职的工程师，完全不具备工程思维能力的人也无法成为优秀的技师。以这样的标准来衡量，中国不但缺少“科学人口”，真正的“技术人口”也是十分匮乏。

正如“科学人口”对纯基础研究是充满热爱的，在技术上一旦钻研进去，“技术人口”也会对他们擅长和专注的领域产生兴趣和热爱。在工作时进入“心流状态”（flow state），完全沉浸其中，让从事技术工作变成令人满足而愉悦的事情[13]。对技术方面的工作既有能力又有兴趣，且热爱自己从事的技术领域的人，通常内心充满了安宁清净而绵绵不断的愉悦，使人能专心致志、精益求精，这就是“工匠精神”。党的十八大以来，习近平总书记多次提及“工匠精神”，并在党的十九大报告中明确提出了弘扬“工匠精神”的要求。对技术充满兴趣和热爱的“技术人口”是弘扬“工匠精神”的重要主体。

可以把“科学人口”和“技术人口”的总和称为“科技人口”。要提高中国的应用技术水平，扩大“科技人口”的规模是一大关键。而要扩大“科技人口”的规模，教育系统是根本。特别是小学和初中阶段的

③ 英属印度时期，殖民政府想要控制德里地区的眼镜蛇数量，为杀蛇提供奖励，当地人每上交一条死蛇就能得到一定的奖金。最初，这个政策很成功，眼镜蛇数量得到了控制。然而，“会打算盘”的人们开始饲养眼镜蛇，从而获取更多的奖金。政府发现后，终止了奖励计划。由于无利可图，养蛇的人们释放了这些蛇，蛇患最终变得比以前还严重。

④ 在经济学里，那种会产生意想不到的不良后果的激励机制被称为“激励扭曲（perverse incentive）”现象。

基础教育，对于培养“科技人口”需要具备的能力和兴趣至关重要。如果错过了6—15岁这个学习的黄金年龄阶段，而只是寄希望于靠大专院校来培养科学家、工程师和技师，效果将大打折扣。这其实类似于把从小没有受过体育训练的十八九岁的青年人直接送进国家队，希望几年后他们就可以拿奥运奖牌，这种不切实际的想法显然是很难成功的。

（1）从激励机制来看，现在的教育系统基本上没有把培养“科技人口”作为明确的目标。从小学到中学的基础教育，培养的是那些只会记住被灌输的知识并能解题和应付考试的人，也就是ChatGPT等AI技术将最先淘汰的那批人。如果希望在中国的下一代中涌现出更多的世界一流的科学家、工程师和技师，那么需要尽快解决教育系统中的激励扭曲问题。最起码要让培养解决实际问题的能力成为基础教育的一个重点目标，要从小培养学生的动手能力和通过自学来解决实际问题的能力，并且要把对这些能力的检验纳入升学评价体系。

（2）基础教育阶段的应试教育不利于培养青少年对纯基础研究和应用技术的热爱。“科技人口”对纯基础研究和应用技术是充满着兴趣和热爱的——浓缩为一个字就是爱。人类之有伟大成就者，无论是科学上的还是技术上的，文学抑或艺术，都源自心中有爱。而中国的教育系统，从幼儿园开始就不利于呵护这种爱。中国的小朋友，还没有进入小学就背负起了应试教育下的繁重学业。中国的基础教育系统呈现出从小就“卷”的趋势，从幼儿园开始就不利于保护孩子的想象力、好奇心和创造力。许多孩子到了接近成年的时候，只剩下一颗静不下来的浮躁的心，无法体验科学上的潜心研究和技术上的精益求精所能带来的“法喜充满”。如果这个问题不能得到解决，中国的教育系统是很难造就大师的，而“钱学森之问”的答案也就十分清楚了。

（3）规模庞大的高等教育体系每年为社会产生的“科技人口”数量偏低。除了基础教育，中国的高等教育也存在很严重的激励扭曲问题。从每年理工科本科以上毕业生数量来看，中国远超美国，多年来稳居世界第一。表面上看，每年都新增很多的“科技人口”。但实际上，这些理工科毕业生中的绝大部分不属于真正的“科技人口”，因为他们既无能力也无兴趣去从事真正的纯基础研究或应用技术工作。“理科科举化，工科理科化”，是中国大学面临的一个严重问题。理科培养的不是热爱探索自然奥秘的“科学人口”，而是生产学术“八股文”的能手。2023年3月，多位中国工程院院士和企业家联名呼吁，应扭转工程专业人才培养中的“理科化”倾向。一些教师更愿在黑板上讲授理论，不愿意或无法指导学生解决实际工程问题。大学生实践机会有限，且多停留在参观层面[⑤]。如果“论文至上、脱离实际”问题得不到解决，中国制造业都可能面临空心化危机，也就更谈不上要提升中国应用技术水平了。中国的理工科人才规模看似庞大，但实际上水分很大，产生的质量过关的科学家和工程师数量极为有限。

（4）与美国等发达国家的理工科教育对比一下，就更能发现差距和问题。美国、日本等科技强国近年来开始减少文科生数量，增加科学、技术、工程和数学（STEM）等理工科的办学规模[14]。这些国家的理工科大学教育要求较为严格且注重实践，能以良好成绩毕业的本科生，很多都能直接胜任工程师的工作。美国斯坦福大学、普林斯顿大学等名校还为理工科本科生设立创业课程，以实践型项目教授学生产品创意与设计、风投和金融创新等实用知识。斯坦福大学还开设了“科学、技术与社会”本科专业，培养既懂科学和技术又能和市场经济的运作结合起来的复合型人

⑤ 破解“工科理科化”. (2023-07-14)[2023-11-03]. https://www.chinanews.com.cn/gn/2023/07-14/10042816.shtml.

才，这种技术中介部门及其人才群体，正是中国现在所缺乏的⑥。这些发达国家的“科技人口”的规模和基础本来就比中国好，还在耐心地花大力气来做好本国大学的教育工作，并通过专业的移民政策来吸引全球人才。在国际环境复杂多变、美国想方设法打压中国的科技进步、英美等国限制中国留学生就读理工科“敏感专业”的情况下，这些科技强国如此重视进一步扩大其“科技人口”规模，他们的一系列成功经验，难道不值得我们学习借鉴吗?

2.2 促进隐性技术知识积累需要克服的激励扭曲问题

隐性技术知识的积累，是帮助中国在现有技术领域迈向世界先进水平的有效渠道。促进隐性技术知识的积累，需要设计并执行一套有效的激励机制。但是，中国的应用技术系统中还存在不少激励扭曲的地方，造成了许多与制定激励措施的初衷相违背的负面后果，使得隐性技术知识的积累还未得到应有的重视。

（1）专利数量大，但质量有待提高。从专利申请数量来看，中国早在2011年就已经超越美国，稳居世界第一已超过10年，但专利质量和转化效率都偏低。研究显示，目前美国的专利质量总体上是中国的2倍左右，中美两国之间的知识转移现象绝大多数都是从美国转移到中国；2017年时从中国流向美国的知识仅占中美两国知识转移总量的1.1%[15]。表面上看，中国是专利大国，但在专利申请和研发上水分很高。造成这种专利“灌水”现象的原因之一在于企业的虚假研发。大量的企业为了获得科技补助把本来不属于补贴范围的技术换了个标签就去申请经费。研究显示，中国税收优惠政策促进了企业研发投入的增长，但其中相当一部分的研发投入增长来源于企业将行政费用重新标注为研发费用，也就是把杂七杂八的各种支出打包成研发支出来骗取税收减免[16,17]。在这种补贴政策造成的激励扭曲之下，中国企业的研发投入和专利数量看上去都很大，但真正在下功夫来努力促进隐性技术知识积累的企业数量比这些统计数字所显示的要少很多。

（2）科研成果评价过度重视论文产出，导致资源浪费，且无助于隐性技术知识积累。在现行的科研管理和评价机制下，论文产出是衡量科研成果的重要标志。根据一些机构的排名，中国论文量质齐升，论文数量和质量近年来已经赶上甚至超过美国，许多与论文相关的指标不是世界第1位就是第2位。例如，根据日本的一项研究显示，2021年中国的科技领域论文发表总数达到40.7万篇，比美国高出10万篇以上⑦。但事实上，中国的大学和科研机构里的研究人员开展的研究工作绝大部分是应用研究而非纯基础研究[5]。而应用研究应该具有现实意义，应该是能够促进技术进步、转换为生产力的。中国应用技术整体上处于“4—7”的水平，因此一项有意义的应用研究，要么能帮助我们实现“从0到1”的原创性突破，要么能帮助我们在现有技术领域向“8—10”的世界领先水平迈进。现在中国每年生产数十万篇科技论文，其中的大多数既不是追求兴趣而进行的真正的纯基础研究的产物，也不能促进应用技术水平的提高。科技论文产量如此之高，一个重要的原因在于科研管理和评价机制造成的激励扭曲，使得许多研究生、青年学者和其他研究人员为了毕业、就业和晋升不得不“为了发表

⑥ 关于斯坦福大学和普林斯顿大学的创业课程的更多信息，见其官方网站：https://www.gsb.stanford.edu/experience/learning/entrepreneurship/courses 和 https://kellercenter.princeton.edu/certificates/program-entrepreneurship；关于斯坦福大学开设的“科学、技术与社会(Science, Technology, and Society)”本科专业的更多信息，见其官方网站：https://sts.stanford.edu/。

⑦ 外媒：中国科学论文三大指标跃居世界第一 数量质量均超美国. (2022-08-10)[2023-11-03]. https://cn.chinadaily.com.cn/a/202208/10/WS62f371fca3101c3ee7ae3308.html.

而发表”。更有甚者，中国的科研评价体系过分强调论文产出的问题还导致了“论文工厂”现象，某些领域（如医学）已成为重灾区[⑧]。研究人员为应对评价，不得不追求论文数量，导致了“论文产业链”。这一现象已经严重破坏科研价值导向，影响创新动力，使一些科研人员偏离真正的科技创新价值。代笔、造假论文等学术不端行为严重损害科研诚信，产生误导性研究方向。大量无价值的论文白白占用了审稿资源，导致真正有价值的研究评审周期延长，导致科研资源的浪费和科研效率的低下。

这些扭曲的激励机制使得中国在很短的时间内成为了“专利大国”和“论文大国”。按照这些数字来衡量，中国应该是世界数一数二的科技强国，但这是不符合现实情况的。企业看似做出了很多研发努力，申请了不少专利，大学和科研机构的研究人员也产生了很多以论文为形式的研究成果，但能转化为实际应用的比例很低，这实际上是一种巨大的资源浪费。国家花了那么大的人力、财力、物力，用在企业、大学和科研机构上，但结果就是一些统计数字变漂亮了和一些大学的国际排名上去了，而真正能促进纯基础研究和应用技术水平提升的努力却依然匮乏。因此，要促进中国应用技术系统的健康发展，必须消除体制内存在的激励扭曲。要设计合理的激励机制，鼓励长期主义、创新、学术诚信和高质量发展。只有消除激励扭曲，让企业、大学和科研机构的科研人员愿意静下心来去做真正能促进隐性技术知识积累的工作，中国应用技术水平才能得到充分的提升，逐渐迈向“8—10”的世界先进水平。

3 结论

在纯基础研究、应用技术和金融支持“三位一体”新发展模式中，应用技术处于中枢的重要位置。要更好地解决社会问题和满足经济需求，需要不断提升生产力水平。而要真正地形成新的更强大的生产力，纯基础研究和金融支持需要通过影响应用技术系统才能发挥作用。因此，从这种意义上来说，这两大系统都是在起辅佐的作用，而应用技术系统则是推动经济社会发展的最为核心的引擎。一个国家是否已经跨越“中等技术陷阱”，取决于这个国家的应用技术系统的综合水平。因此，全面提升中国的应用技术水平是突破“中等技术陷阱”的关键。

从上述分析可以看出，如果要在“0—10”的应用技术刻度表的两头取得突破，在培养能不断产生“从0到1”的原创性技术突破的能力的同时，在现有技术领域向“8—10”的世界先进水平迈进，需要做的工作还很多。在坚持全面深化改革、扩大高水平对外开放的前提下，还需要搞好纯基础研究、不断提高我国“科学人口”的规模，使其能通过正面的外溢效应来推动应用技术领域“从0到1”的突破。同时，要尽快解决小学、中学到大学的整个教育系统中存在的一系列激励扭曲问题，从小培养孩子们对科学和技术的兴趣，培养他们动手解决实际问题的能力，努力扩大“科技人口”的规模。美国等科技强国一直以来都在以各种方式进一步提高其“科技人口”的规模，他们的成功经验，需要系统地学习借鉴。

同时，需要发现并纠正中国应用技术系统中存在的不少激励扭曲的问题。由于篇幅限制，本文只是较为详细地分析了与企业研发和专利申请、大学和科研机构科研评价和论文产出相关的2例激励扭曲问题，但存在激励扭曲的地方绝不仅限于上述的2个例子。因此，应该按图索骥，对应用技术、纯基础研究和金融支持三大系统的激励扭曲现象进行地毯式的排查，

⑧ 北京世纪坛医院. 中国“神秘论文工厂”曝光. (2015-01-08)[2023-11-03]. https://www.bjsjth.cn/Html/News/Articles/1008886.html.

问题发现一个解决一个，才能彻底激活“三位一体”新发展模式的全部活力。勤劳而智慧的中国人民，自古以来对于激励机制的反应就十分敏锐。中国在很短的时间里能够在专利和论文的数量上赶超美国，就是一个有力的证据。只要能基本上解决激励扭曲的问题，推行一套有效的激励机制，中国科技力量的真正崛起也会十分迅速。

参考文献

1 郑永年. 中国跨越“中等技术陷阱”的策略研究. 中国科学院院刊, 2023, 38(11): 1579-1592.
Zheng Y N. How can China avoid the middle-technology trap?. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38 (11): 1579-1592. (in Chinese)

2 Lin J Y, Cai F, Li Z. The China Miracle: Development Strategy and Economic Reform. Hong Kong: The Chinese University Press, 2003.

3 Studwell J. How Asia Works: Success and Failure in the World’s Most Dynamic Region. London: Profile Books, 2013

4 Zheng Y N. The China Model: Experience and Challenges. New York: Peter Lang, 2021.

5 袁冉东. 如何改进中国纯基础研究系统. 中国科学院院刊, 2023, 38(11): 1627-1634.
Yuan R D. How to improve the pure basic research system in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38 (11): 1627-1634. (in Chinese)

6 Rosenberg N, Birdzell L E. How the West Grew Rich: The Economic Transformation of the Industrial World. New York: Basic Books, 1986.

7 Janeway W H. Doing Capitalism in the Innovation Economy: Reconfiguring the Three-Player Game between Markets, Speculators and the State (2nd Ed). Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

8 United Nations Industrial Development Organization. Manual on Technology Transfer Negotiation: A Reference for Policy-Makers and Practitioners on Technology Transfer. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 1996.

9 Jones B, Miller B. Innovation Diffusion in the New Economy: The Tacit Component. London: Routledge, 2007.

10 Hoo J J C, Green W B. Bearing Steels: Into the 21st Century. West Conshohocken: ASTM, 1998.

11 Jindra B. Internationalisation Theory and Technological Accumulation: An Investigation of the Multinational Affiliates in East Germany. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.

12 Zheng Y N, Li J. The third wave of China’s open door policy. Asian Review of Political Economy, 2022, 1(1): 1-16.

13 Csikszentmihalyi M. Optimal Experience: Psychological Studies of Flow in Consciousness. Reprint. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

14 Yamada A. Japanese higher education reform trends in response to globalization and STEM demand. Journal of Comparative & International Higher Education, 2019, 9 (Fall): 14-22.

15 Fang H, Song Z, Tao H, et al. An anatomy of the patent quality: China vs. US. Working Paper. [2023-11-10]. https://yiranaprilzhang.wixsite.com/yiranzhang.

16 Chen Z, Liu Z K, Suárez Serrato J C, et al. Notching R&D investment with corporate income tax cuts in China. American Economic Review, 2021, 111(7): 2065-2100.

17 König M, Storesletten K, Song Z, et al. From imitation to innovation: Where is all that Chinese R&D going?. Econometrica, 2022, 90(4): 1615-1654.

Scientific and technological population, tacit technological knowledge and applied technological system in China

YUAN Randong

（The Institute for International Affairs, Qianhai, The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen, Shenzhen 518172, China）

Abstract One of the conditions for breaking through the middle-technology trap is that there are some companies or institutions that could transform basic research into applied technologies. The progress of applied technology, as well as the inventions and new products and services produced by the applied technology system, play an important role in increasing productivity, improving quality of life, and promoting social and economic development. Different from the situation in basic scientific research, China's applied technology used to be among the most advanced in the world in history. It was not until the Industrial Revolution in Europe in the 18th century that it began to lag behind the West. Since the founding of the PRC, China's applied technology has made tremendous progress. Especially in the four decades since the reform and opening up, China's applied technology system has developed rapidly. But compared with the most advanced level in the world, China's applied technology system still has many aspects that need to be improved. This study argues that in order to further improve China's applied technology, we should first have a deep understanding of the current situation of the system, then identify the problems and shortcomings that need to be resolved, and on this basis, propose improvement plans. Improving the applied technology system is a complex undertaking, subject to many factors. This study examines the shortcomings of China's applied technology system and discusses how to improve them from the perspectives of scientific and technological population and tacit technological knowledge.

Keywords middle-technology trap, applied technology, high-quality development, innovation-driven, three-pronged new development model, scientific population, scientific and technological population, tacit technical knowledge

袁冉东 香港中文大学(深圳)前海国际事务研究院副研究员。主要研究领域:科技政策、科学技术与社会、社会保障等。
E-mail: yuanrandong@cuhk.edu.cn

YUAN Randong Ph. D. in Public Economics and Public Policy, Associate Research Fellow of the Institute for International Affairs, Qianhai, The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen. His research focuses on science & technology policy, science & technology and society, social security, etc. E-mail: yuanrandong@cuhk.edu.cn

■责任编辑：岳凌生